Heath's Modern Language Series

KAYSER'S

[Di]e Elektronentheorie

WRIGHT



D. C. HEATH & CO.,

BOSTON NEW YORK CHICAGO LONDON

Heath's Modern Language Series

DIE ELEKTRONENTHEORIE

VON

PROF. DR. H. KAYSER

WITH NOTES AND VOCABULARY

BY

ARTHUR S. WRIGHT
PROFESSOR OF MODERN LANGUAGES, CASE SCHOOL OF APPLIED SCIENCE

BOSTON, U. S. A.
D. C. HEATH & CO., PUBLISHERS
1905

IN MEMORIAM

J. Henry Senger

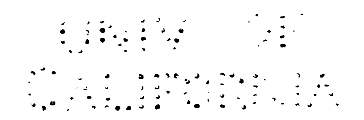
PREFACE

The purpose of this little book is to help supply good reading for classes in scientific German. The subject is one of interest to all, and of special interest to students of science. The address covers briefly and clearly the history of the investigations which have led to the modern view of the constitution of matter, and embodies the most recent thought on that subject. It is hoped that such reading may stimulate interest and make appeal to the scholarly instinct of the student.

Professor Kayser's style is so lucid and his treatment so logical that but few notes have been found necessary in adapting the text to class-room work. The vocabulary includes only such words as are not found in the ordinary dictionary. While the text is intended for mature students, it is so easy that it may be read by those who have had no special drill in scientific German.

A. S. W.

CASE SCHOOL OF APPLIED SCIENCE



DIE ELEKTRONENTHEORIE

Rede, gehalten in der Aula der Universität Bonn zur Geburtstagsfeier Seiner Majestät des Kaisers, am 27. Januar 1903

Hochansehnliche Versammlung![1]

In althergebrachter Weise[2] feiert heute die Universität den Geburtstag Seiner Majestät des Kaisers und Königs, und mir liegt es ob, unser aller[3] ergebenen und herzlichen Wünschen für das fernere Wohl unseres Kaisers Ausdruck zu geben. In ihm sehen wir jetzt den besten Schirmherrn unserer Universitäten, der vor fünfundzwanzig Jahren als lebenslustiger Fuchs[4] gerade in die Reihen unserer akademischen Bürger getreten war, und darum gewinnt das Fest des ganzen Volkes für uns noch einen ganz besonders intimen° Charakter. Dazu kommt heute noch,[5] dass durch den Aufenthalt der beiden kaiserlichen Prinzen in Bonn von neuem die Bande zwischen dem Hohenzollernhause und unserer Universität enger geknüpft werden. Dafür sind wir dem Kaiser zu ganz besonderem Danke verpflichtet, nicht in egoistischem Sinne, sondern wir erhoffen von diesem Studium[6] gleich viel Segen für das ganze Land, wie für unsere Universitäten.

NOTE.— Words given in the *Vocabulary* are indicated by zero, those given in the *Notes*, by other figures.

Muss nicht der Einblick in das wissenschaftliche Leben, namentlich in ernste wissenschaftliche Arbeit, Achtung und Liebe für die Wissenschaft erzeugen und in denen, die an mächtiger Stelle stehen, den Wunsch erregen, Förderer der Wissenschaft zu werden? Beruht doch[1] die grosse Entfaltung unseres Landes zum guten Teil auf der wissenschaftlichen Arbeit der akademischen Anstalten. Wenn auch das seiner Zeit viel gehörte Wort,[2] der Schulmeister habe unsere Schlachten gewonnen, nur zum geringen Teil berechtigt sein mag, so beruht doch unzweifelhaft die ganze kulturelle° Entwicklung und der enorme industrielle und pekuniäre° Aufschwung Deutschlands auf der stillen Arbeit der Gelehrten. Die chemische Industrie ist oft genug als Beispiel dafür angeführt worden, eine Industrie, welche im Jahre 1900 für 200 Millionen Mark allein organische Präparate° ausgeführt hat. Bei ihr liegt es am offensten zu Tage,[3] dass sie wissenschaftlicher Arbeit ihr Dasein verdankt, weil hier fast direkt die Arbeit des Gelehrten das Handelsprodukt° liefert. Aber in noch viel höherem Masse sind die Industrieen der Physik verpflichtet. Die gewaltigste Industrie der Neuzeit, in der in Deutschland gewiss mehrere Milliarden angelegt sind,[4] ist die Elektrotechnik°; wo anders ist ihre Kinderstube gewesen, als in den physikalischen Instituten unserer Hochschulen°? Wie wäre der zweckmässige° Bau der erstaunlichen Dampfmaschinen, die man z. B. in der Düsseldorfer Ausstellung[5] bewundern konnte, möglich gewesen, wenn nicht die theoretische Arbeit des Physikers die Gesetze dafür vorher ent-

wickelt hätte? Grade in diesem Falle[1] können wir mit Stolz darauf hinweisen,[2] dass die Welt die Möglichkeit dieser Fortschritte dem Bonner physikalischen Institut, dass sie sie *Clausius* verdankt,[3] der durch seine mechanische Wärmetheorie die Grundlagen geschaffen hat. Wohin wir auch[4] im technischen Leben blicken mögen, überall ist die Vorarbeit des Physikers nötig gewesen: wenn die sichere Ausführung grosser Bauten ohne Materialverschwendung[°] möglich ist, so sind Bestimmungen über die Festigkeit[°] der Materialien, über Tragfähigkeit[°] der Gewölbe und Träger vorhergegangen; wenn die Technik der Waffen sich so entwickelt hat, so musste der Physiker vorher Temperatur und Druck der Pulvergase, die Geschwindigkeit der Geschosse u. s. w.[5] untersuchen, er musste lehren, warum die Züge[°] dem Geschosse mit der Rotation eine sichere Flugbahn geben.

Aber genug der Beispiele; wer mit offenen Augen um sich blickt, findet auf Schritt und Tritt[6] die Früchte wissenschaftlicher Arbeit im täglichen Leben geerntet. Und darum ist es für den zukünftigen Herrscher und für sein Land ein Segen, wenn er wissenschaftliche Arbeit kennen, verstehen und lieben lernt.

Aber noch aus einem anderen Grunde werden unsere Gefühle bei der diesjährigen Geburtstagsfeier besonders warme sein; das erst vor wenig Wochen[7] gefallene Kaiserwort: die Wissenschaft müsse frei sein,[8] klingt noch in unseren Ohren. Ja, die wissenschaftliche Forschung und Lehre müssen frei sein nach jeder Richtung, wenn sie Früchte tragen sollen. Die Frei-

heit muss so weit gehen, dass sogar für falsche Lehre volle Freiheit herrscht. Unser allverehrter° Herr Kurator hat vor kurzem ausgeführt,° dass wenn neue Anschauungen auftauchen, niemand sagen kann, ob sie sich als richtig oder falsch erweisen werden; niemand hat also das Recht, irgend eine Lehre zu unterdrücken. Wohl aber hat jeder nicht nur das Recht sondern sogar die Pflicht, sie zu bekämpfen, wenn er sie für falsch hält, aber zu bekämpfen nicht mit Mitteln der brutalen Gewalt, sondern mit wissenschaftlichen Waffen, den Waffen des Geistes. Dieser Kampf ist es gerade,[1] der die Wissenschaften fördert. Jeder von uns wird schon erfahren haben,[2] dass ihm bei Verteidigung oder Angriff die besten Gedanken kommen, dass er sich da am schärfsten alle Folgerungen überlegt, dass oft ein Wort des Gegners, selbst ein falsches, ganz neue Wege des Fortschritts finden lässt. Ist es doch[3] auch im organischen Leben der Kampf, der allen Fortschritt bedingt. In diesem Sinne hat manch falsche Theorie, manch schlechtes Buch weit segensreicher gewirkt, als ganz korrekte Lehre. Ohne Widerspruch und Kampf tritt Stagnation ein. Also müssen wir Freiheit für jede wissenschaftliche Lehre verlangen, das Falsche wird im Kampf ums Dasein[4] beseitigt werden, wenn die Zeit gekommen ist, auf wissenschaftlichem Gebiet können wir sicher sein, dass schliesslich immer Wahrheit und Recht siegen.

Ein sehr wesentliches Erfordernis der Freiheit und des Fortschrittes ist aber, das lassen Sie mich noch hervorheben,[5] die Freiheit der Selbstverwaltung° der

Universitäten, namentlich des Rechtes, die Lehrer selbst zu wählen. Dies Prinzip, welches sich bei uns historisch entwickelt hat und glücklicher Weise nur selten angetastet wird, hat zu den Leistungen unserer Universitäten ganz besonders beigetragen. Sobald von einer Centralstelle aus alle Lehrstühle besetzt werden, werden gewisse Richtungen° unterdrückt, vielleicht zum Teil unwillkürlich und unbewusst, und jener frische zum Fortschritt unentbehrliche Kampf und Wetteifer erlischt.[1] Dafür bietet Frankreich ein lehrreiches Beispiel: bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts marschierte es an der Spitze der Naturwissenschaften, namentlich der Chemie. Aber die Wissenschaft war in Paris konzentriert; die wenigen Pariser Gelehrten kannten nach ihrer Meinung allein die Wahrheit, ihre orthodoxen Schüler allein erhielten an den übrigen Universitäten Lehrstühle. Die atomistische Theorie, der die Chemie vornehmlich ihre gewaltigen Fortschritte auf organischem Gebiet in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts verdankt,[2] wurde von jenen Pariser Gelehrten bekämpft, Arbeiter mit den modernen Anschauungen hatten keine Aussicht auf Fortkommen,° und so blieb die Chemie in Frankreich zurück. Der materielle Schaden davon lässt sich leicht in Zahlen angeben: Frankreich hat im Jahre 1900 kaum ein Drittel soviel an organischen Produkten exportiert wie Deutschland, obgleich es z. B. für die Parfüm-Industrie durch den Besitz der Mittelmeerküste° und ihrer Blumengefilde ausserordentlich bevorzugt ist. Der noch viel grössere ideelle Schaden lässt sich nicht schätzen.

Hier haben wir eine handgreifliche Folge der Beschränkung der Freiheit durch Centralisation; aber noch viel schlimmer würden die Folgen einer Freiheitsbeschränkung durch vorgesetzte Behörden[1] sein; dann werden nicht nur wissenschaftliche Dogmen massgebend,° sondern auch politische, religiöse und andere Dinge, die mit der Wissenschaft gar nichts zu tun haben. Auch die Fakultäten können sich natürlich irren, aber ihre Vielheit[2] ist das Heilmittel; sie sorgt, dass alle Richtungen° zu Worte kommen.

So begrüssen wir das Kaiserwort von der Freiheit der Wissenschaft mit tiefstem Dank, nicht nur für uns selbst, sondern für unser Land, und wir sehen mit Vertrauen der Zukunft entgegen unter dem mächtigen Schutze Seiner Majestät des Kaisers.

Und nun lassen Sie mich für das Weitere an ein anderes Kaiserwort anknüpfen,° welches mich persönlich noch näher angeht, an den Ausspruch, dass das 20. Jahrhundert den Naturwissenschaften gehöre. Wenn ein Wanken alter Vorstellungen,[3] wenn neue Ideen und zahlreiche Meinungsverschiedenheiten ein Zeichen frischen Lebens und eine Verheissung reicher neuer Resultate sind, dann haben die ersten Jahre des Jahrhunderts schon jenes Wort bestätigt.

Durch eine neue Theorie, die Elektronentheorie, ist eine erhebliche Bewegung in weite naturwissenschaftliche Kreise gekommen. Wenn auch noch sehr vieles unklar ist, wenn schon manche der ersten Deutungen sich als falsch herausgestellt haben, und noch vieles von dem, was wir augenblicklich für richtig oder

wahrscheinlich halten, im Kampfe der Meinungen und der weiteren Experimente sich nicht bewähren mag, so sind doch die Fragen so interessant und die Folgerungen so weitgreifend,° dass ich versuchen möchte, Ihnen eine wenn auch nur ganz flüchtige und oberflächliche Skizze der Theorie zu entwerfen.[1] Ich verhehle mir dabei nicht, dass bei den weitreichenden Grundlagen, welche ich heranziehen muss,[2] bei der Unmöglichkeit Ihnen durch Versuche die Tatsachen vorzuführen, und bei der Kürze der Zeit meine Aufgabe nur sehr mangelhaft zu lösen ist, so dass ich von vornherein° um Ihre Nachsicht bitten muss.

Physikalische Resultate entspringen selten, wie Pallas Athene,[3] fertig dem Haupte eines Mannes. Sie haben sich gewöhnlich aus unscheinbaren Anfängen langsam, langsam durch die Mitarbeit vieler entwickelt, mit Vor- und Rückschritten,[4] bis schliesslich der Mann kommt, der, die überlieferte Erfahrung mit der eigenen zusammenfassend,[5] das richtige Wort findet, welches uns ein grosses Stück weiter fördert. So muss ich auch für unsere Frage um etwa 50 Jahre zurückgehen, und zwar nach Bonn. Damals beschäftigte sich hier Plücker mit der Untersuchung des Durchganges der Elektricität durch Gase. Seine Arbeiten wurden eigentlich nur dadurch ermöglicht, dass hier ein sehr kenntnisreicher und geschickter Glasbläser, Geissler, lebte, der um jene Zeit die Quecksilberluftpumpe° erfunden hatte. Während man bis dahin den Druck eines Gases mit einer gewöhnlichen Luftpumpe bis auf etwa ein 500stel einer Atmosphäre hatte erniedrigen können,

kam man mit der neuen Pumpe auf etwa ein 10,000stel. In so stark verdünnten Gasen, die natürlich in ein Glasrohr eingeschlossen sind, traten nun beim Durchgang der Elektricität ganz neue Erscheinungen auf, die namentlich von Hittorf, dem Mitarbeiter Plückers, viele Jahre hindurch studiert wurden. Während bei mässigen Drucken[1] der ganze Gasinhalt eines Rohres beim Durchgang leuchtend wird, hört das Licht bei den kleinsten Drucken[1] ganz auf. Der elektrische Strom aber geht noch durch das Rohr hindurch in Gestalt unsichtbarer Strahlen, die dadurch erkennbar sind, dass sie die Glaswand zu hellem Leuchten bringen, wo sie dieselbe treffen. Wir nennen solche Körper, die, ohne erhitzt zu sein, nur unter dem Einfluss auffallender° Strahlen selbstleuchtend° werden, fluorescierende Körper, die Erscheinung Fluorescenz. Ein solcher fluorescierender Fleck zeigt sich immer gegenüber dem negativen Ende des Rohres, der Kathode,° die Strahlen gehen also von dieser aus, und daher nannte Hittorf sie Kathodenstrahlen.[2]

Nach ihm beschäftigte sich namentlich der englische Chemiker Crookes sehr eingehend° mit diesen Strahlen; er fand, dass sie ausser der Fluorescenz-erregenden Wirkung noch eine ganze Reihe anderer besitzen, z. B.[3] Wärmewirkurg, dass sie auf leicht bewegliche Körper fallend eine Stoss-Wirkung° ausüben u. s. w. Er meinte, dass in so stark verdünnten Räumen — und er erreichte Verdünnungen unter ein Millionstel Atmosphäre — die Materie in einen besonderen Zustand gerathe, welchen er vierten Aggregatzustand[4] nannte, während man bis

dahin nur deren drei, den festen, flüssigen und gasförmigen, unterschieden hatte. Durch Einführung des neuen Namens war natürlich zur Erklärung nichts gewonnen.

Jahrzehnte lang ging das Experimentieren mit Kathodenstrahlen weiter; zahlreiche merkwürdige und schön aussehende Erscheinungen hatten die verschiedenen Beobachter gesehen, aber von einem Verständnis der Vorgänge war man noch ebenso weit entfernt, wie anfangs; das Interesse dafür begann daher zu erlahmen.° Da kam wieder ein neuer Anstoss von Bonn, von unserem Hertz, der leider die weittragenden° Folgen seiner Beobachtung nicht mehr erleben sollte. Er fand, dass die Kathodenstrahlen, abweichend von allen bis dahin° bekannten Strahlenarten,° durch dünne Metallschichten hindurchgehen können. Sein Apparat ist noch in meinem Institut aufbewahrt: in der Mitte eines hochevakuierten Rohres ist eine Scheidewand aus Uran-haltigem Glase[1] angebracht, welches in hohem Grade die Fähigkeit zu fluorescieren besitzt. Die der Kathode zugewandte Seite[2] ist zur Hälfte mit einer dünnen Aluminiumplatte bedeckt. Lässt man Elektricität durch das Rohr strömen, also Kathodenstrahlen auf die Glasplatte fallen, so sieht man, dass die Hälfte hinter dem Aluminium auch fluoresciert, dass also die Kathodenstrahlen durch das Metall hindurchgehen.

Hertz stellte sich nun die Frage, ob es nicht dadurch ermöglicht würde, Kathodenstrahlen, deren Existenz man bis dahin nur in dem evakuierten Rohre

kannte, auch nach aussen in den lufterfüllten Raum treten zu lassen.[1] Er veranlasste seinen damaligen Assistenten Lenard, Versuche darüber zu machen. In ein Rohr wurde an der Stelle, wo innen Kathodenstrahlen auftreffen, ein kleines Loch gemacht und durch ein Aluminiumblech° verklebt; so konnte man das Innere evakuieren und Kathodenstrahlen erzeugen. Es zeigte sich, dass dieselben wirklich durch das Aluminiumfenster austreten und in der äusseren Luft existieren können. Man sah sie natürlich aussen ebenso wenig, wie innen, aber ihre Wirkungen waren zu erkennen: brachte man fluorescenzfähige Substanzen in ihren Weg, so leuchteten sie, photographische Platten wurden geschwärtz, auch durch Aluminium oder durch schwarzes Papier hindurch u. s. w.

Viele von Ihnen werden bei diesen Wirkungen an die Röntgenstrahlen erinnert worden sein. In der Tat sind beide Strahlenarten° mindestens nahe verwandt. Röntgen entdeckte, als er die Versuche von Lenard wiederholte, dass die besprochenen Wirkungen nicht nur vor dem Fenster, sondern auch vor der nicht durchbrochenen Glaswand auftreten, dass von der ganzen Glaswand, so weit sie innen von Kathodenstrahlen getroffen wird, aussen Strahlen mit fast identischen Eigenschaften ausgehen,[2] die er X-Strahlen, die andere dann Röntgenstrahlen nannten.[3] Noch heute wissen wir nicht, ob die beiden Strahlenarten irgend einen fundamentalen Unterschied besitzen, da sie fast alle Wirkungen gemein haben. Eine derselben muss ich hier noch nennen, die Fähigkeit, die Luft

elektrisch leitend° zu machen. Gewöhnliche Luft von Atmosphärendruck ist sonst[1] ein guter Nichtleiter der Elektricität, ein Isolator, was wir daran[2] erkennen können, dass ein geladener Körper von Luft umgeben geladen bleibt. Sobald wir aber durch diese Luft Kathoden- oder Röntgenstrahlen gehen lassen, wird sie leitend, der Körper entlädt sich.

Die Frage nach der Erklärung der Erscheinungen, nach dem Wesen° der Kathodenstrahlen, war durch die neuen Entdeckungen immer brennender geworden. Da die Strahlen offenbar mit dem Strömen der Elektricität durch die evakuierte Röhre in enger Beziehung stehen, lag es nahe,[3] an die Verhältnisse des Strömens der Elektricität durch Flüssigkeiten zu denken, deren Gesetze schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts durch Faraday völlig klar gelegt waren. Gestatten Sie, dass ich mit wenigen Worten an diese Gesetze erinnere. Faraday hatte gefunden, dass beim Strömen der Elektricität durch eine Flüssigkeit diese immer chemisch zersetzt, elektrolysiert wird. Die Zersetzungsprodukte, die sog.° Ionen,[4] wandern mit dem elektrischen Strom nach den beiden Enden der Strombahn° und werden dort, an den Polen oder Elektroden, ausgeschieden. Faraday konnte zeigen, dass wenn eine bestimmte Menge Elektricität durch die Flüssigkeit geflossen ist, auch eine ganz bestimmte Menge Ionen ausgeschieden ist, und der Schluss lag nahe, dass die Ionen selbst die Elektricität transportieren. Wenn wir verschiedene Säuren als Flüssigkeit nehmen, so finden wir stets Wasserstoff vom positiven zum nega-

tiven Pole wandernd, und ferner, dass, welche Säure wir auch[1] nehmen mögen, stets der gleichen Menge durchgeflossener Elektricität auch die gleiche Menge ausgeschiedenen Wasserstoffs entspricht.[2] Daraus schliessen wir mit Helmholz, nicht nur, dass die Wasserstoffatome die Träger der positiven Elektricität sind, sondern auch, dass jeder Träger die gleiche Quantität Elektricität transportiert. Dieses von jedem Wasserstoffatom transportierte Quantum[3] können wir als eine Einheit der Elektricitätsmenge° auffassen, als ein Atom der Elektricität, und dies Quantum hat man ein Élektron[4] genannt. Es ist leicht zu messen, wie viel Elektricität durch eine bestimmte Menge von Wasserstoff-Ionen transportiert worden ist. Daraus können wir dann die Grösse eines Elektrons oder auch das Verhältnis der Grösse e[5] eines Elektrons zu der Masse m des sie transportierenden Wasserstoffatoms berechnen.

Man dachte nun zunächst daran, auch bei der Entladung[6] durch Gase sei eine Art von Elektrolyse tätig, die Kathodenstrahlen seien ein Strom von Molekülen, Ionen, die mit Elektricität beladen seien, und zwar mit negativer Elektricität, da sie vom negativen Pol ausgehen. Aber durch einen älteren Versuch von Hertz schien diese Ansicht widerlegt: ein negativ geladenes Teilchen wird von einem negativ geladenen Körper abgestossen, von einem positiv geladenen angezogen. Sind daher die Kathodenstrahlen Schwärme negativ geladener Teilchen, so müssen sie abgelenkt werden, wenn man sie zwischen zwei Platten hindurch-

gehen lässt, deren eine stark positiv, die andere negativ geladen ist. Bringt man daher zwei solche parallele Platten in die evakuierte Röhre, so dass die Strahlen zwischen ihnen durchgehen müssen, so würden sie in dem Moment, wo man die Platten von aussen lädt, abgelenkt werden, was man daran erkennen kann, dass der Fluorescenzfleck, der durch Auftreffen° der Strahlen auf die Glaswand entsteht, sich verschiebt.[1] Bei solchem Versuch fand Hertz keine Verschiebung, und damit schien jede Ansicht widerlegt.

Erst sehr viel später konnte der Physiker in Cambridge, Thomson, zeigen, dass ein Fehlschluss vorlag:[2] da die ersten Kathodenstrahlen, die zwischen den Platten hindurchgehen, die Gase dazwischen leitend° machen, entladen sich die Platten sofort, die Strahlen gehen in Wahrheit gar nicht zwischen geladenen Platten durch, und es kann daher keine Ablenkung eintreten. Thomson zeigte, dass man den Versuch so anstellen kann, dass eine Verschiebung eintritt, und zwar nach der Seite der positiven Platte hin, und damit hatte er zuerst bewiesen, dass es sich wirklich um einen Schwarm negativ geladener Teilchen handle.

Aber nun trat die Aufgabe heran, zu finden, was das für Teilchen seien, ob etwa Ionen,° wie wir sie von der Elektrolyse her kennen, oder anders geartete.[3] Mit ungeheuter Energie und seltenem experimentellem Geschick hat Thomson und seine Schüler diese Frage verfolgt, und ihm verdanken wir einen grossen Teil ihrer Lösung.

Wenn die Kathodenstrahlen Ionen sind, so müsste für sie z. B. das Verhältnis $\frac{e}{m}$ dasselbe sein, welches wir von der Elektrolyse her kennen. Dies Verhältnis aber lässt sich bestimmen aus der besprochenen Ablenkung des Fluorescenzfleckes. Sie ist nämlich bei bekannter Ladung° der ablenkenden Platten desto grösser, je grösser die Elektricitätsmenge° e ist, auf welche die anziehende und abstossende Kraft der Platten wirkt. Die Elektricitätsmenge e aber haftet an dem ponderablen° Teilchen m; dies besitzt Trägheit,° d. h. das Bestreben,° den einmal begonnenen Weg unverändert fortzusetzen. Die Materie hängt sich wie ein Bleigewicht an das Elektricitätsteilchen und hindert dasselbe, jeder Lockung auf Seitenwege zu folgen.[1] Je grösser die Masse m, desto kleiner wird bei gegebener Anziehungskraft die Ablenkung, — kurz es lässt sich zeigen, dass die Ablenkung proportional zu $\frac{e^2}{m}$ ist, dass man diese Grösse[3] also aus der gemessenen Ablenkung berechnen kann.

Versuche Thomsons[4] in dieser Richtung ergaben nun zwei sehr bemerkenswerte Resultate: 1. Führt man die Versuche in Wasserstoffgas aus, so hat $\frac{e}{m}$ nicht denselben Wert, wie für die Wasserstoffionen der Elektrolyse, sondern ist etwa 1500 mal grösser. 2. Nimmt man beliebige andere Gase, so findet man immer einen und denselben Wert für $\frac{e}{m}$, ganz abweichend von der Elektrolyse, wo zwar e auch für alle einwertigen° Ionen den gleichen Wert hat, aber m verschieden ist je nach dem Atomgewicht des benutzten Elementes. Wir müssen also schliessen, dass in den

Kathodenstrahlen die Transporteure der Elektricität immer ein und dieselben sind, ganz unabhängig von dem zufällig gewählten Gase.[1]

Das erste Resultat hatte ergeben, dass für die Kathodenteilchen,° welche Thomson Corpuskeln nannte, $\frac{e}{m}$ etwa 1500 mal so gross sei, wie für ein Wasserstoff-Ion. Das könnte davon herrühren,[2] dass für die Corpuskeln e viel grösser ist, als für die Ionen, oder davon, dass m viel kleiner ist. Die Entscheidung zwischen diesen beiden Möglichkeiten schien ausserordentlich schwierig; aber durch kühn ersonnene[3] Versuche gelang es doch, e und m für Kathodenstrahlen einzeln zu messen, und da fand sich, das e identisch ist mit dem Wert bei den Ionen, d. h. dass jedes Corpuskel ein Elektron trägt. Daraus folgt ohne weiteres, dass die ponderable° Masse jedes Corpuskels $^1/_{1500}$ der Masse eines Wasserstoffatoms betragen muss.

Das war ein ausserordentlich merkwürdiges und wichtiges Resultat. Nach den Lehren der Chemie sollte ein Atom des leichtesten Elementes, des Wasserstoffs, die kleinste existenzfähige Menge Materie sein. Jetzt sehen wir, dass wir diese Masse noch in 1500 Teile spalten können; und nehmen wir das zweite Resultat hinzu, dass für alle Gase $\frac{e}{m}$ denselben Wert hat, also auch m immer identisch ist, so folgt weiter, dass die Spaltung aller Gasatome uns Teilchen von gleicher Grösse liefert. Was liegt näher,[4] als die Annahme, dass sie auch von gleicher Art sind?

Die Chemie lehrt bekanntlich, dass es eine grosse Anzahl, etwa 80 bis 90, Elemente gebe, d. h.[5] verschie-

denartige Stoffe, die sich nicht in einfachere Bestandteile zerlegen oder in einander umwandeln lassen. Aber die Geschichte der Chemie lehrt andererseits, dass in früheren Zeiten Stoffe für einheitlich, d. h. für Elemente gehalten wurden, deren Zerlegung später mit grösseren Mitteln, namentlich durch Anwendung höherer Temperatur, gelang. Warum sollen nun nicht alle unsere Elemente auch noch weiter zerlegbar sein? Ist nicht vielleicht unsere Chemie nur eine Chemie der uns erreichbaren Temperatur? Wenn wir statt 4000°, die uns im elektrischen Ofen zur Verfügung stehen, 10,000° erreichen könnten, würden nicht vielleicht viele oder alle Elemente noch weiter zerfallen, in eine viel kleinere Zahl von Grundstoffen°? Da die Natur immer mit den einfachsten Mitteln arbeitet, ist es logisch offenbar am befriedigendsten, anzunehmen, dass es nur eine einzige Art von Materie gibt, die in verschiedenen Zuständen der Zusammenlagerung° oder Condensation uns die verschiedenen Elemente vortäuscht.° Eine solche Annahme, unter dem Namen der Prout'schen Hypothese[1] bekannt, hat schon lange die spekulativen Chemiker beschäftigt, und sie erhielt eine gewichtige Stütze, als man erkannte, dass die Atomgewichte der chemischen Elemente in einem gesetzmässigen° Zusammenhang stehen.

Wenn nun Thomson fand, dass die Corpuskeln aller Gase die gleiche winzige° Masse besitzen, so lag der von ihm gezogene Schluss nahe,[2] dass wir in ihnen die Uratome° der Materie vor uns haben, dass die so lange gesuchten Bausteine unserer Elemente und des

Weltalls endlich in den Kathodenstrahlen gefunden seien. Ein solches Uratom von Materie, beladen mit einem Atom von Elektricität, einem Élektron, nannte man ein Elektrón; der Name Corpuskel[1] wurde nicht acceptiert.

Nachdem die Elektronen einmal in den Kathodenstrahlen erkannt waren, zeigte sich bald, dass sie fast überall entstehen und vorhanden sind, dass sie zum Teil eine wichtige Rolle im Haushalt der Natur spielen, und die merkwürdigsten Erscheinungen hervorrufen können. Die gemessene[°] Zeit gestattet mir nur im Fluge einige solcher Erscheinungen zu besprechen. Da sei zuerst eine Beobachtung aus der Spektralanalyse erwähnt:[2] *Zeeman* fand, was *Faraday* vergeblich gesucht hatte, dass die Spektra der Gase durch magnetische Kräfte verändert werden. Die Beobachtungen liessen sich nach einer Theorie von *Lorentz* durch die Annahme erklären, dass die Spektrallinien durch eine Bewegung von Elektronen erzeugt werden, und es fand sich auch hier, dass die Elektronen aller chemischen Elemente identisch seien, und identisch mit den Elektronen der Kathodenstrahlen. Man kann sich danach mit *Runge* das Atom eines Elementes vorstellen unter dem Bilde eines Planetensystems: in der Mitte haben wir einen grossen positiv geladenen Kern, die Sonne des Systems, welcher die Hauptmasse des Atoms bildet und von Element zu Element verschieden an Grösse ist. Er wird umkreist von einer Anzahl Elektronen, den Planeten, die an Grösse alle gleich und gleich stark negativ geladen

sind. Durch ihre Bewegung in elliptischen Bahnen um den Kern erzeugen sie in dem alles erfüllenden Lichtäther° elektromagnetische Wellen, die wir als Licht, als Spektrallinien wahrnehmen. Diese sind von Element zu Element verschieden, trotzdem die erzeugenden Teilchen, eben die Elektronen,[1] bei allen Elementen identisch sind, weil die Centralkörper und die von ihnen ausgehenden Kräfte und daher die Bewegungen der Elektronen verschieden sind. Es handelt sich hier um Planetensysteme von winziger° Grösse: dicht zusammengepackt würden soviel in einen Fingerhut hineingehen, dass wir zur Angabe[2] eine Zahl mit mehr als 20 Ziffern brauchten.

Dass die Wirkung der Röntgenstrahlen im wesentlichen identisch ist mit der der Kathodenstrahlen, ist schon angegeben;[3] wir werden also die Wirkung beider Strahlenarten° den Elektronen zuschreiben, die Fähigkeit Fluorescenz zu erregen, photographische Platten zu schwärzen, undurchsichtige Körper zu durchdringen, die Luft und andere Gase leitend zu machen und dadurch elektrisierte Körper zu entladen.

Bald fand man, dass auch kurzwelliges Licht, sog.° ultraviolettes Licht, imstande ist, Elektronen zu erzeugen. So enthält unsere Luft unter dem Einfluss der Sonnenstrahlen stets Elektronen, die allerdings unter dem Einfluss der Luftfeuchtigkeit, welche sich an ihnen condensiert, sie beschwert und zu Boden zwingt, immer wieder beseitigt werden. Vielleicht beruht auf diesem Vorgang der immer vorhandene elektrische Zustand unserer Atmosphäre, der sich ge-

legentlich in den Gewittern auch dem Nicht-Physiker herrlich kund gibt.[1] Andererseits hat man gefunden, dass in abgeschlossenen Räumen, namentlich in tiefen Kellern, die Luft zahlreiche Elektronen enthält und hat, so lächerlich es auch[2] klingen mag, dort Fallen aufgestellt, um sie zu fangen: wie die Fliegen nach dem süssen Fliegenstock° gehen und daran kleben bleiben, so die Elektronen nach einem elektrisch geladenen Drahte; reibt man diesen dann mit einem Lederlappen° ab, so bleiben die Elektronen zum Teil daran haften, und der Lederlappen ist nun z. B. imstande, eine photographische Platte zu schwärzen.

Die merkwürdigste Quelle für die Elektronen bilden aber die radioaktiven Substanzen,[3] deren Entdeckung wir Becquerel in Paris verdanken. Zu den fluorescierenden Substanzen gehören die Uranverbindungen — das Uranglas haben wir vorher schon in diesem Sinne kennen gelernt. Becquerel, der bei Experimenten mit Röntgenstrahlen Uransalze gebraucht hatte, kam auf den Gedanken zu versuchen, ob nicht auch von diesen Salzen selbst solche Strahlen ausgehen, die wie die Röntgenstrahlen photographische Platten schwärzen. Und der Versuch gelang: legt man auf eine in schwarzes Papier eingewickelte Platte im Dunkeln ein Stück Uran oder ein Uransalz, so wird die Platte geschwärzt. Damit waren die sog.° Uranstrahlen oder Becquerelstrahlen entdeckt. Und Schritt für Schritt konnte man zeigen, dass sie fast alle Eigenschaften der Kathodenstrahlen haben: sie erregen Fluorescenz, sie schwärzen photographische

Platten, sie werden von elektrisierten Platten oder Magneten abgelenkt, sie gehen durch undurchsichtige Körper, sie machen die Luft leitend und entladen geladene Körper. Sie senden also Elektronen aus. Bald darauf fanden sich auch bei manchen andern Substanzen, dem Blei, dem Wismuth, dem Thor u. s. w. Spuren[1] solcher Wirkung. Die Wirkung war freilich sehr schwach, allein bald gelang es, sie zu verstärken; es zeigte sich, dass ein neues chemisches Element, das nur spurenweise in den Körpern steckt,[2] die Erscheinungen bedinge, und ein Schweizer Ehepaar, Herr und Frau Curie, vermochten es zu condensieren. Sie nannten es Radium. Es ist heute noch nicht bekannt, ob in allen diesen Fällen immer etwas Radium gegenwärtig ist, oder ob auch noch andere unbekannte Elemente gleiche Wirkungen bedingen; man hat die Existenz von noch zwei solchen, dem Polonium und dem Actinium, angenommen, allein sie sind recht unsicher. Alle diese Substanzen nennt man radioaktive.

Das concentrierte fast reine Radium zeigt nun die wunderbarsten Eigenschaften: es leuchtet dauernd im Dunkeln, wie ein Glühwürmchen; es lässt alle fluorescierenden Körper, die in seine Nähe gebracht werden, hell leuchten; jede angenäherte photographische Platte wird geschwärzt, auch werden andere chemische Wirkungen hervorgerufen; z. B. unser gewöhnliches Kochsalz, Chlornatrium, färbt sich schön kornblumenblau, was auf einer Freimachung von Chlor beruht.[3] In einem Raum, in welchem sich eine grössere Menge

Radium befindet, kann kein Körper elektrisch geladen werden, weil die ganze Luft leitet. Auf die Haut übt es sehr energische Wirkungen aus, wie sie schwächer von den Röntgenstrahlen bekannt sind; trägt man etwas Radium, das gewöhnlich in ein Glasröhrchen eingeschmolzen ist, in der Tasche, so kann man sicher sein, an der darunter befindlichen Körperstelle eine starke, sehr schwer heilende Entzündung zu bekommen. Endlich sei noch erwähnt, dass durch Bestrahlung von radioaktiven Körpern andere Körper vorübergehend° radioaktiv werden. Offenbar bleiben einzelne Elektronen an und in den bestrahlten Körpern haften[1] und werden erst allmählich abgeschleudert.

Diese märchenhafte Substanz, die leider wegen der Schwierigkeit ihrer Darstellung sehr kostbar ist — das Gramm kostet 8000 Mark — gibt nun dem Physiker schwere Rätsel auf. Das Radium leistet fortwährend Arbeit, z. B. indem es photographische Platten schwärzt. Ein Grundgesetz der Physik und der gesamten Naturwissenschaften lehrt, dass nicht Arbeit aus nichts geschaffen werden könne. Wo kommt die Arbeit her, die das Radium leistet, scheinbar ohne sich zu verändern? Besitzt es einen so grossen Überschuss von Elektronen etwa von Urzeiten her, dass es dieselben lange Zeit aussenden kann, ohne sich zu erschöpfen? Dann müssten aber doch die Wirkungen schliesslich einmal aufhören, und während der Wirkungszeit müsste das Gewicht des Radiums abnehmen. In der Tat meint Heydweiler eine Gewichtsabnahme gefunden zu haben, wenn sie auch sehr klein ist. Wir

können uns auch noch einige andere Vorgänge im Radium denken, die Arbeit frei werden lassen,[1] z. B. molekulare Umlagerungen, aber immer liegt bei der grossen Menge Arbeit, die das Radium leisten kann, eine sehr erhebliche Schwierigkeit für die Erklärung vor.[2]

Wir sahen, dass Thomson den Schluss gezogen hatte, die Corpuskeln oder Elektronen seien eine Kombination von Elektricität und wägbarer Materie. Letztere nahm er an, weil die Elektronen Trägheit besitzen, d. h. das Bestreben zeigen, ihren gradlinigen Weg von der Kathode nach der gegenüberliegenden Glaswand unverändert fortzuzetzen. Wegen dieser Trägheit fliegen sie nicht, wenn wir die besprochenen ablenkenden Platten elektrisieren, direkt an diese heran, sondern werden nur ein wenig von ihrem Wege abgelenkt. Da aber Trägheit ein bekanntes Kennzeichen der Materie ist, der Elektricität hingegen mehr oder weniger fehlt,[3] so schloss eben Thomson, dass in den Elektronen Materie vorhanden sein müsse. Aber die Berechtigung dieses Schlusses wurde sehr bald angezweifelt:[4] man sagte, die Trägheit der Elektronen könne eine nur scheinbare sein. Ein einzelnes ruhendes Elektricitätsteilchen würde Eigenschaften der Trägheit nicht zeigen können, es würde direkt auf die positiv geladene Platte los fliegen müssen. Aber hier haben wir einen Schwarm geladener schnell bewegter Teilchen, und es ist wohl bekannt, dass solche sich gegenseitig beeinflussen, dass sie, wie der Physiker sagt, elektrostatische und elektrodynamische Wirkungen

auf einander ausüben. Die Theorie zeigt, dass die Wirkungen grade so sind, als hätten die Teilchen Trägheit. Die Erscheinungen der Ablenkung zwingen also nicht dazu, wie Thomson meinte, im Elektrón Materie anzunehmen, sondern wir können es für ein reines Elektricitätsteilchen, für ein Élektron ansprechen.[1]

Eine Entscheidung zwischen den beiden Möglichkeiten war dringend erwünscht und sie schien möglich, weil die Theorie ergab, dass bei grossen Geschwindigkeiten der Elektronen die scheinbare Trägheit sich anders verhält, als die wirkliche, sie ist nicht von unveränderlicher Grösse, sondern abhängig von der Geschwindigkeit. Neue Versuche von Prof. Kaufmann zeigen, dass letzteres wirklich der Fall ist, dass die Trägheit veränderlich ist in der von der Theorie verlangten Weise, und wir müssen daraus schliessen, dass die Elektronen nichts anderes sind, als Elektricitätsmengen.° Dadurch wird nun ein Teil der besprochenen Erscheinungen viel leichter verständlich: wir wundern uns nicht mehr, dass die Elektronen aller Elemente identisch sind, dass die verschiedenen besprochenen Strahlenarten durch undurchsichtige Körper hindurchgehen, und anderes mehr. Die so verführerische Annahme[2] von der Auffindung der Uratome° ist falsch.

Sie sehen, die Erscheinungen verlieren dadurch ein gut Teil ihres Interesses. Aber wir werden reichlich entschädigt durch die Fragen und Folgerungen, die sich sofort an die neue Auffassung knüpfen. So ganz einfach ist doch die Annahme, die Elektronen seien

nur Elektricität, nicht. Zunächst enthält die genannte Theorie für die Grösse der scheinbaren Trägheit Hypothesen, deren Berechtigung[1] man bestreiten kann, so dass die zahlenmässige° Übereinstimmung zwischen Versuch und Rechnung kein strikter Beweis für die Richtigkeit der Annahme ist. Dann aber drängt sich sofort folgende Überlegung auf[2]: bei den Kathodenstrahlen macht die Erklärung für den Ursprung der Elektronen, der negativen Elektricitätsteilchen, keine Schwierigkeit, denn wir führen ja dem Rohr fortdauernd von aussen Elektricität zu. Aber wo kommen beim Radium, einem unelektrischen Körper diese Mengen negativer Elektricität her, die fortdauernd ausgeschleudert werden? Wir wissen zwar, dass jeder unelektrische Körper enorme genau gleich grosse Mengen positiver und negativer Elektricität enthält, die sich wegen ihrer entgegengesetzten Wirkung nach aussen grade neutralisieren und daher den Körper unelektrisch erscheinen lassen; wir wissen, dass wir die beiden Elektricitäten von einander trennen, und dem Körper etwa negative Elektricität entziehen können. Aber dann bleibt eben das entsprechende Quantum positiver Elektricität frei zurück, der Körper wird positiv elektrisch.

Wenn dem Radium durch die ausgeschleuderten Elektronen fortwährend negative Elektricität entzogen wird, wo bleibt die entsprechende positive Elektricität? Und wie erklärt sich jener Versuch Heydweilers, dass das Radium durch Ausstrahlung an Gewicht verliert, da doch die Elektricität gewichtslos ist?

Stehen am Ende[1] die Elektronen doch in einer Beziehung zur wägbaren Materie? Ist am Ende[1] die Materie nichts anderes als condensierte Elektricität und kann sich unter Umständen wieder in solche auflösen?

Von allen Seiten erheben sich derartige Fragen, und jede Antwort, die eine Schwierigkeit löst, schafft neue. Aber ich will Sie mit solchen nicht weiter ermüden, sondern mich damit begnügen, kurz den Standpunkt eines Teiles der Forscher auf diesem Gebiete anzugeben. Nach ihrer Auffassung sollen in der Tat die Atome unserer Elemente ganz aus Elektronen aufgebaut sein; der Centralkörper, von dem ich vorhin sprach, als ich die Atome unter dem Bilde eines Planetensystems darstellte, besteht ebenso, wie seine Planeten, nur aus Elektricität, ist nur dadurch von den Planeten verschieden, dass in ihm die Elektricität verdichtet ist.

Und damit stehen wir nun vor der wichtigsten und schwierigsten Frage: was ist Elektricität? Die Physik antwortet, es ist Lichtäther,° oder etwas präciser: Lichtäther in einem besonderen Zustande. Welches dieser Zustand ist, wissen wir nicht; man kann an eine Verdichtung und Verdünnung denken, oder an eine besondere Art der Bewegung, z. B. eine Rotation, oder anderes mehr. Sobald an einer Stelle des Raumes der überall gegenwärtige Lichtäther in diesen Zustand gebracht ist, gehen von jener Stelle Kräfte aus, die wir beschreiben, indem wir sagen, an jener Stelle befinde sich Elektricität. Und aus solcher Elektricität sind die Atome aufgebaut.

Die Wissenschaft hat damit einen merkwürdigen Weg eingeschlagen, der zu einem sehr unerwarteten Ziele geführt hat. In früheren Jahrhunderten, in denen die physikalischen Gesetze mehr am Schreibtisch gemacht, als im Laboratorium gefunden wurden, als man meinte die Erklärungen durch Geistesarbeit allein aufstellen zu können, statt durch das Experiment und immer wieder das Experiment, bis ganz am Schlusse die zusammenfassende Arbeit des Kopfes folgt, da war man sehr bereit, zur Erklärung unverstandener Erscheinungen irgend einen geheimnisvollen Stoff anzunehmen, von der Art einer Flüssigkeit, aber der Schwere nicht unterworfen.[1] Es war schliesslich mehr als ein halbes Dutzend solcher Stoffe eingeführt worden, deren wichtigster der Lichtäther war. Er erfüllt den ganzen Weltraum, durchdringt alles; Wellenbewegungen in ihm erzeugen in unserem Auge den Eindruck des Lichtes. Der Arbeit des vorigen Jahrhunderts gelang es, einen nach dem andern dieser Stoffe als nicht existierend oder unnötig nachzuweisen. Als endlich durch die Arbeiten von Faraday, Maxwell und Hertz auch die besonderen elektrischen Fluida als unnütz erkannt waren, indem man ihre Wirkungen dem Lichtäther zuschrieb, da blieb er als einziges imponderables Fluidum übrig, und man konnte ihn nicht entbehren bei der Erklärung der optischen und elektrischen Erscheinungen. Aber ich glaube, ein grosser Teil der Physiker wird im Stillen gehofft haben, der Tag sei nicht fern, wo auch dieses letzte Fluidum beseitigt werde, wo sich etwa nachweisen lasse, dass

der Lichtäther nur fein verteilte Materie sei, oder dergleichen.

Und wohin hat nun der Weg geführt, der mit der unscheinbaren Untersuchung der verdünnten leuchtenden Gase in Geissler'schen Röhren vor fünfzig Jahren begann? Nicht der Lichtäther ist unterlegen und beseitigt worden, er ist Sieger im Kampfe geblieben. Statt seiner ist das, was allein dauernd und sicher auf der Erde und im Weltraum schien, der feste Punkt, von dem aus man das übrige beherrschen zu können meinte, seitdem ist die Materie ins Wanken gekommen,[1] und man ist auf dem Wege, ihr die gesonderte Existenzberechtigung zu bestreiten.[2]

So ist eine Einheitlichkeit in die Auffassung des Weltalls gelangt, die viel grösser ist, als man sie bei der vermeintlichen Auffindung der Urmaterie° erreicht zu haben glauben konnte. Jetzt ist nur der Lichtäther vorhanden, er hat die Bausteine der Körper geliefert, er übermittelt° uns die elektrischen Erscheinungen, die Segnungen des Lichtes und alles übrige. Auch dieser Saal und wir selbst sogar sind aus Lichtäther gewebt, wahre Kinder des Lichtes, — so wenigstens denken augenblicklich einige Physiker.

NOTES

Page 1. — 1. **Hochansehnliche Versammlung,** "*Ladies and Gentlemen.*" These stilted forms of address are common in Germany.

2. **In althergebrachter Weise,** *according to time-honored custom.*

3. **unser aller,** (*the wishes*) *of all of us.*

4. **als lebenslustiger Fuchs,** *as a jolly Freshman.* Prince William, in 1877, at the age of eighteen, entered the University of Bonn.

5. **Dazu kommt heute noch,** *at this particular time* (*heute*), *we may add.*

6. **von diesem Studium,** i. e. the education of the princes at Bonn.

Page 2. — 1. **Beruht doch,** *surely rests;* note emphatic position of verb.

2. [**wenn auch**] **das seiner Zeit viel gehörte Wort.** Note this participial construction, which is characteristic of scientific German. The participial, used attributively, follows its modifying adjuncts and has adjective declension — here weak, after **das.** Before rendering orally, it is well to translate mentally, word for word: [*although*] *the, in its time, frequently heard word; seiner Zeit* adverbial genitive.

3. **liegt es am offensten zu Tage,** *it is most manifest;* **ihr** refers to **chemische Industrie.**

4. **in der . . . mehrere Milliarden angelegt sind,** *in which several milliards* (of marks) *are invested.*

5. **Düsseldorfer Ausstellung,** an extensive industrial exposition was held at Düsseldorf in 1902.

Page 3. — 1. **Gerade in diesem Falle,** *in this very case.*

2. **darauf hinweisen,** the *da(r)* anticipates the following clause; trans., *points to the fact that.*

3. **dass sie sie Clausius verdankt,** *that it owes it to Clausius.*

4. **wohin . . . auch,** *whithersoever.*

5. **u. s. w.** = *und so weiter.*

6. **auf Schritt und Tritt,** *at every turn.*

7. **erst vor wenig Wochen,** *but a few weeks ago;* note again the participial construction.

8. **die Wissenschaft müsse frei sein,** *Lehrfreiheit,* liberty of the instructor to teach what seems to him true, is a fundamental principle of the German university. The 18th century was the age of emancipation, and now all the universities stand for untrammeled thought, research, and speech.

Page 4. — 1. **Dieser Kampf ist es gerade,** cf. page 3, note 1.

2. **wird schon erfahren haben,** future perfect, indicating probability, *has doubtless had the experience.*

3. **Ist es doch . . . der Kampf,** cf. page 2, note 1.

4. **Kampf ums Dasein,** "*struggle for existence.*"

5. **das lassen Sie mich . . . hervorheben,** *let me emphasize this.*

Page 5. — 1. **werden . . . jener . . . Kampf und Wetteifer erlischt,** *that conflict and emulation, indispensable, etc., cease; erlöschen,* 'to be extinguished.'

2. **der die Chemie vornehmlich . . . verdankt,** *to which (der) chemistry chiefly owes.*

Page 6. — 1. **durch vorgesetzte Behörden,** *by constituted authorities;* cf. *vorsetzen,* 'to place at the head.'

2. **ihre Vielheit,** *their number* (of the faculties and professors).

3. **ein Wanken alter Vorstellungen,** *a hesitancy regarding (the correctness of) previous conceptions.*

Page 7. — 1. **eine wenn auch . . . zu entwerfen,** *to present an outline, even though quite cursory and superficial.*

2. **bei den weitreichenden Grundlagen, welche ich heranziehen muss,** *in view of the far-reaching principles which I must make use of;* note that *bei* may frequently be best translated, 'in view of.'

3. **Pallas Athene,** the goddess of wisdom, who presided over the sciences and arts. According to legend, she issued in full armor from the head of her father, Jupiter.

4. **mit Vor- und Rückschritten,** *with forward and backward steps.*

5. **die überlieferte Erfahrung . . . zusammenfassend,** *combining past experience with his own.*

Page 8. — 1. **bei mässigen Drucken . . . bei den kleinsten Drucken,** *with moderate exhaustion* (corresponding to 8 or 10 millimeters of mercury) . . . *with the highest* (one one-thousandth of a millimeter).

2. **Kathodenstrahlen,** *cathode rays.* These consist of negative electrons in motion. That the rays are emitted by the cathode is shown by the fact that the fluorescence ceases when an obstacle is interposed.

3. **z. B.** = *zum Beispiel.*

4. **vierten Aggregatzustand,** "*fourth state of matter.*" According to Crookes' theory, the cathode rays send forth tiny, negatively electrified particles, whose collisions cause the effects noted.

Page 9. — 1. **Eine Scheidewand aus Uran-haltigem Glase,** *a partition of glass containing uranium.*

2. **die der Kathode zugewandte Seite,** cf. page 2, note 2.

Page 10. — 1. **Kathodenstrahlen . . . nach aussen . . . treten zu lassen,** *to cause cathode rays to appear on the exterior.*

2. **aussen Strahlen . . . ausgehen**; the X-rays emanate from the luminescent glass, which has become a source of new radiation.

3. **die andere dann Röntgenstrahlen nannten,** *which others called, etc.*

Page 11. — 1. **sonst,** *ordinarily.*

2. **daran,** cf. page 3, note 2.

3. **lag es nahe, an . . . zu denken,** *it was natural to think of.*

4. **Ionen,** *ions.* When copper-sulphate, for example, is dissolved in water, some of its molecules break up into ions, two for each molecule. These ions are free to move in any direction. When a current of electricity is passed through the solution, the positive ions of the copper approach the negative electrode, while the negative SO_4 groups move toward the positive electrode.

Page 12. — 1. **welche Säure . . . auch,** *whatever acid.*

2. **der gleichen Menge . . . die gleiche Menge . . . entspricht,** *the same quantity corresponds to the same.*

3. **Dieses . . . transportierte Quantum,** cf. page 2, note 2.

4. **Élektron,** the quantity of (negative) electricity carried by an atom of hydrogen gas. This definition should be memorized. The word is usually without the accent, which is here used to distinguish from Elektrón used later.

5. *e,* = electro-motive force.

6. **Man dachte . . . Entladung,** *it was thought at first that, in the discharge, etc.*

Page 13. — 1. **was man daran erkennen kann, dass der Fluorescenzfleck . . . sich verschiebt,** *a fact which may be recognized by the displacing, etc.*

2. **dass ein Fehlschluss vorlag,** *that this was a wrong inference.*

3. **oder anders geartete (Ionen),** *or those of a different nature.*

Page 14. — 1. **hindert dasselbe, jeder Lockung . . . zu folgen,** *hinders it from yielding to any attraction to one side.*

2. $\frac{e}{m}$, *e* representing the charge, measured in electro-magnetic units, and *m* the mass of the particle.

3. **Grösse,** here *ratio.*

4. **Versuche Thomsons,** these are described in Chapter IV of his recently issued "Electricity and Matter."

Page 15. — 1. **von dem zufällig gewählten Gase,** *of the gas which happens to be chosen.*

2. **Das konnte davon herrühren, dass,** *that could be due to the fact that.*

3. **kühn ersonnene,** *boldly conceived; ersinnen,* 'to think out,' 'devise.'

4. **was liegt näher,** cf. page 11, note 3.

5. **d. h.** = *das heisst.*

Page 16. — 1 **Prout'schen Hypothese,** *hypothesis of Prout.*

2. **so lage der von ihm gezogene Schluss nahe,** *the conclusion drawn by him was natural.*

Page 17. — 1. **der Name Corpuskel,** the term *corpuscle* is still used by English writers.

2. **Da sei . . . erwähnt,** *let us then mention.*

Page 18. — 1. **eben die Elektronen,** *these very electrons.*

2. **zur Angabe,** *to express it.*

3. **ist schon angegeben** (*worden*), *has already been mentioned.*

Page 19. — 1. **sich . . . herrlich kund gibt,** *manifests itself in splendid ways.*

2. **so lächerlich . . . auch,** *however ridiculous.*

3. **die radioaktiven Substanzen,** the products of radium, uranium, thorium and some other substances are radioactive. The degree of their radioactivity is determined by the rapidity with which they discharge the electroscope, the time required by pure metallic uranium being taken as the unit.

Page 20. — 1. **fanden sich . . . Spuren,** *traces were found.*

2. **das nur spurenweise in den Körpern steckt,** *only traces of which are hidden in bodies.*

3. **was auf einer Freimachung von Chlor beruht,** *this being due to the liberation of chlorine.*

Page 21. — 1. **bleiben . . . haften,** *remain adherent.*

Page 22. — 1. **die Arbeit frei werden lassen,** *which release energy.*

2. **liegt . . . eine sehr erhebliche Schwierigkeit . . . vor,** *a very considerable difficulty presents itself.*

3. **der Elektricität** (dat.) . . . **fehlt,** *is lacking in electricity.*

Page 23. — 1. **wir können es für . . . ansprechen,** *we may regard it as.*

2. **die so verführerische Annahme,** *the supposition, so seductive,* cf. page 16, line 26 ff.

Page 24. — 1. **enthält die genannte Theorie für . . . Hypothesen, deren Berechtigung,** *the theory involves hypotheses concerning, etc., the correctness of which.*

2. **drängt sich sofort folgende Überlegung auf,** *the following consideration obtrudes itself at once.*

Page 25. — 1. **am Ende . . . am Ende,** *finally . . . in ultimate analysis.*

Page 26. — 1. **der Schwere nicht unterworfen,** *not subject to gravity.*

Page 27. — 1. Statt seiner ist das . . . seitdem ist die Materie ins Wanken gekommen, *instead of it (the ether), that (i. e. matter) has become unsettled.*

2. ihr die gesonderte Existenzberechtigung zu bestreiten, *to contest its right to a separate existence.*

VOCABULARY

A

allverehrt, most honored.
Aluminiumblech, *n.*, thin plate of aluminium.
anknüpfen (an), to touch upon, make reference to.
anzweifeln, to doubt.
auffallend, impinging.
Auftreffen, *n.*, striking against, impinging.
ausführen, to develop (an idea or theme).

B

Bestreben, *n.*, inclination.
Bleigewicht, *n.*, lead weight.

D

dahin, thither; *bis* —, up to that time.

E

eingehend, exhaustive, thorough.
einwertig, univalent.
Elektricitätsmenge, *f.*, quantity of electricity.
Elektrotechnik, *f.*, electro technics, electrical engineering.
erlahmen, to become lame, wane.

F

Festigkeit (*der Materialien*), strength (of materials).
Fliegenstock, *m.*, sticky fly-catcher.
Fortkommen, *n.*, advancement.

G

gemessen, measured, limited.
gesetzmässig, ordered, conformable to law.
Grundstoff, *m.*, element; base, radical; basic matter.

H

Handelsprodukt, *n.*, product of trade.
hochevakuiert, highly exhausted.
Hochschule, *f.*, university.

I

intim, personal.
Ion, *n.*, ion.

K

Kathode, *f.*, cathode, the negative pole of an electric current; *–nstrahl*, *m.*, cathode ray; *–n-teilchen*, *n.*, cathode particle.
kulturell, pertaining to culture, cultural; (cf. *die Kultur*, civilization).
kurzwellig, of short wave-length.

L

Ladung, *f.*, charge.
Lederlappen, *m.*, piece of leather.
leitend, conductive.
Lichtäther, *m.*, luminiferous ether.

M

massgebend, authoritative.
Materialverschwendung, *f.*, waste of material.
Mittelmeerküste, *f.*, coast of the Mediterranean.

P

pekuniär, financial.
ponderable, ponderable, capable of being weighed.
Präparat, *n.*, preparation, product.

Q

Quecksilberluftpumpe, *f.*, mercury air-pump.

R

Richtung, *f.*, tendency.

S

selbstleuchtend, self-luminous.
Selbstverwaltung, *f.*, independent administration, self-government.
sog. = *sogenannt.*
Spektralanalyse, *f.*, spectrum-analysis.
Stosswirkung, impulsion-effect, vibratory effect, shock.
Strahlenart, *f.*, type of rays.
Strombahn, *f.*, current.

T

Tragfähigkeit, *f.*, carrying-power, supporting-power.
Trägheit, *f.*, inertia.

U

übermitteln, to convey, transmit.
Uratom, *n.*, original atom.
Urmaterie, *f.*, basic matter.

V

vornherein; *von* —, at the outset.
vortäuschen, deceptively present.
vorübergehend, temporary.

W

weitgreifend, far-reaching.
weittragend, far-reaching, important.
Wesen, *n.*, nature, essence.
winzig, infinitesimally small.

Z

zahlenmässig, numerical.
Zug, *m.*, *pl.* *Züge*, grooves, rifling (of guns and cannon).
zusammenfassend, combining, deductive.
Zusammenlagerung, *f.*, combination.
zweckmässig, practical.

Heath's Modern Language Series.

GERMAN GRAMMARS AND READERS.

Nix's Erstes deutsches Schulbuch. For primary classes. Illus. 202 pages. 35 cts.

Joynes-Meissner German Grammar. A *working* Grammar, elementary, yet complete. Half leather. $1.12.

Alternative Exercises. Can be used, for the sake of change, instead of those in the *Joynes-Meissner* itself. 54 pages. 15 cts.

Joynes's Shorter German Grammar. Part I of the above. Half leather. 80 cts.

Harris's German Lessons. Elementary Grammar and Exercises for a short course, or as introductory to advanced grammar. Cloth. 60 cts.

Sheldon's Short German Grammar. For those who want to begin reading as soon as possible, and have had training in some other languages. Cloth. 60 cts.

Babbitt's German at Sight. A syllabus of elementary grammar, with suggestions and practice work for reading at sight. Paper. 10 cts.

Ball's German Drill Book. Companion to any grammar. 80 cts.

Faulhaber's One Year Course in German. 60 cts.

Krüger and Smith's Conversation Book. 40 pages. Cloth. 25 cts.

Meissner's German Conversation. A scheme of rational conversation. 65 cts.

Harris's German Composition. Elementary, progressive, and varied selections, with full notes and vocabulary. Cloth. 50 cts.

Wesselhoeft's Exercises in German Conversation and Composition. 50 cts.

Wesselhoeft's German Composition. With notes and vocabulary. 40 cts.

Hatfield's Materials for German Composition. Based on *Immensee* and on *Höher als die Kirche*. Paper. 33 pages. Each, 12 cts.

Horning's Materials for German Composition. Based on *Der Schwiegersohn.* 32 pages. 12 cts.

Stüven's Praktische Anfangsgründe. A conversational beginning book with vocabulary and grammatical appendix. Cloth. 203 pages. 70 cts.

Foster's Geschichten und Märchen. For young children. 25 cts.

Guerber's Märchen und Erzählungen, I. With vocabulary and questions in German on the text. Cloth. 162 pages. 60 cts.

Guerber's Märchen und Erzählungen, II. With vocabulary. Follows the above or serves as independent reader. Cloth. 202 pages. 65 cts.

Joynes's German Reader. Progressive, both in text and notes, has a complete vocabulary, also English Exercises. Half leather, 90 cts. Cloth, 75 cts.

Deutsch's Colloquial German Reader. Anecdotes, tables of phrases and idioms, and selections in prose and verse, with notes and vocabulary. Cloth. 90 cts.

Boisen's German Prose Reader. Easy and interesting selections of graded prose, with notes, and vocabulary. Cloth. 90 cts.

Huss's German Reader. Easy and slowly progressive selections in prose and verse. With especial attention to cognates. Cloth. 233 pages. 70 cents.

Spanhoofd's Lehrbuch der deutschen Sprache. Grammar, conversation and exercises, with vocabulary for beginners. Cloth. 312 pages. $1.00.

Heath's German Dictionary. Retail price, $1.50.

Heath's Modern Language Series.

ELEMENTARY GERMAN TEXTS.

Grimm's Märchen and Schiller's Der Taucher (van der Smissen). With vocabulary. *Märchen* in Roman type. 65 cts.

Andersen's Märchen (Super). With vocabulary. 70 cts.

Andersen's Bilderbuch ohne Bilder (Bernhardt). Vocabulary. 30 cts.

Campe's Robinson der Jüngere (Ibershoff). Vocabulary. 40 cts.

Leander's Träumereien (van der Smissen). Vocabulary. 40 cts.

Volkmann's Kleine Geschichten (Bernhardt). Vocabulary. 30 cts.

Easy Selections for Sight Translation (Deering). 15 cts.

Storm's Geschichten aus der Tonne (Vogel). Vocabulary. 40 cts.

Storm's In St. Jürgen (Wright). Vocabulary. 30 cts.

Storm's Immensee (Bernhardt). Vocabulary. 30 cts.

Storm's Pole Poppenspäler (Bernhardt). Vocabulary. 35 cts.

Heyse's Niels mit der offenen Hand (Joynes). Vocab. and exercises. 30 cts.

Heyse's L'Arrabbiata (Bernhardt). With vocabulary. 25 cts.

Von Hillern's Höher als die Kirche (Clary). With vocabulary. 25 cts.

Hauff's Der Zwerg Nase. No notes. 15 cts.

Hauff's Das kalte Herz (van der Smissen). Vocab. Roman type. 40 cts.

Ali Baba and the Forty Thieves. No notes. 20 cts.

Schiller's Der Taucher (van der Smissen). Vocabulary. 12 cts.

Schiller's Der Neffe als Onkel (Beresford-Webb). Notes and vocab. 30 cts.

Goethe's Das Märchen (Eggert). Vocabulary. 30 cts.

Baumbach's Waldnovellen (Bernhardt). Six stories. Vocabulary. 35 cts.

Spyri's Rosenresli (Boll). Vocabulary. 25 cts.

Spyri's Moni der Geissbub. With vocabulary by H. A. Guerber. 25 cts.

Zschokke's Der zerbrochene Krug (Joynes). Vocab. and exercises. 25 cts.

Baumbach's Nicotiana *und andere Erzählungen* (Bernhardt). Five stories, with vocabulary. 30 cts.

Elz's Er ist nicht eifersüchtig. With vocabulary by Prof. B. W. Wells. 25 cts.

Carmen Sylva's Aus meinem Königreich (Bernhardt). Vocabulary. 35 cts.

Gerstäcker's Germelshausen (Lewis). Notes and vocabulary. 25 cts.

Wichert's Als Verlobte empfehlen sich (Flom). Vocabulary. 25 cts.

Benedix's Nein (Spanhoofd). Vocabulary and exercises. 25 cts.

Benedix's Der Prozess (Wells). Vocabulary. 20 cts.

Zschokke's Das Wirtshaus zu Cransac (Joynes). Vocabulary and English Exercises. 30 cts.

Zschokke's Das Abenteuer der Neujahrsnacht (Handschin). Vocab. 35 cts.

Arnold's Fritz auf Ferien (Spanhoofd). Vocabulary. 25 cts.

Heyse's Das Mädchen von Treppi (Joynes). Vocab. and Exercises. 30 cts.

Stille Wasser (Bernhardt). Three tales. Vocabulary. 35 cts.

Heath's Modern Language Series.

INTERMEDIATE GERMAN TEXTS. (Partial List.)

Baumbach's Das Habichtsfräulein. Notes, vocabulary and conversational exercises by Dr. Wm. Bernhardt. 40 cts.

Heyse's Hochzeit auf Capri. Notes, vocabulary and conversational exercises by Dr. Wm. Bernhardt. 30 cts.

Hoffmann's Das Gymnasium zu Stolpenburg. Two Stories, *Erfüllter Beruf* and *Die Handschrift A.* Notes and vocabulary by V. Buehner, High School, San José, Cal. 35 cts.

Seidel's Leberecht Hühnchen. With notes and vocabulary by Professor Spanhoofd, High School, Washington, D.C. 30 cts.

Auf der Sonnenseite. Humorous stories by Seidel, Sudermann, and others with notes and vocabulary by Dr. Wilhelm Bernhardt. 35 cts.

Frommel's Eingeschneit. Notes and vocabulary by Dr. Bernhardt. 30 cts.

Keller's Kleider machen Leute. With notes and vocabulary by M. B. Lambert, Brooklyn High School. 35 cts.

Liliencron's Anno 1870. Notes and vocabulary by Dr. Bernhardt. 40 cts.

Baumbach's Die Nonna. Notes and vocabulary by Dr. Bernhardt. 30 cts.

Riehl's Der Fluch der Schönheit. With notes by Professor Thomas, Columbia University, and vocabulary. 30 cts.

Riehl's Das Spielmannskind; Der stumme Ratsherr. With notes and vocabulary by A. F. Eaton, Univ. of Wisconsin. 35 cts.

Ebner-Eschenbach's Die Freiherren von Gemperlein. Edited by Professor Hohlfeld, University of Wisconsin. 30 cts.

Freytag's Die Journalisten. With notes by Professor Toy of the University of North Carolina. 30 cts. With vocabulary, 40 cts.

Wilbrandt's Das Urteil des Paris. Notes by A. G. Wirt, Denver University. 30 cts.

Schiller's Das Lied von der Glocke. With notes and vocabulary by Professor Chamberlin of Denison University. 20 cts.

Schiller's Jungfrau von Orleans. With introduction and notes by Prof. B. W. Wells. Illustrated. 60 cts. With vocabulary, 70 cts.

Schiller's Maria Stuart. Introduction and notes by Prof. Rhoades, Ohio State University. Illustrated. 60 cts. With vocabulary, 70 cts.

Schiller's Wilhelm Tell. With introduction and notes by Prof. Deering of Western Reserve Univ. Illus. 50 cts. With vocab., 70 cts.

Schiller's Ballads. With introduction and notes by Professor Johnson of Bowdoin College. 60 cts.

Baumbach's Der Schwiegersohn. With notes by Dr. Wilhelm Bernhardt. 30 cts.; with vocabulary, 40 cts.

Arnold's Aprilwetter (Fossler). Vocabulary. 35 cts.

Gerstäcker's Irrfahrten (Sturm). Vocabulary. 00 cts.

Benedix's Plautus und Terenz; Der Sonntagsjäger. Comedies edited by Professor B. W. Wells. 25 cts.

Moser's Köpnickerstrasse 120. A comedy with introduction and notes by Professor Wells. 30 cts.

Moser's Der Bibliothekar. Introduction and notes by Prof. Wells. 30 cts.

Drei kleine Lustspiele. *Günstige Vorzeichen*, *Der Prozess*, *Einer muss heiraten.* Edited with notes by Prof. B. W. Wells. 30 cts.

Helbig's Komödie auf der Hochschule. With introduction and notes by Professor B. W. Wells. 30 cts.

Heath's Modern Language Series.

INTERMEDIATE GERMAN TEXTS. (Partial List.)

Schiller's Geschichte des dreissigjährigen Kriegs. Book III. With notes by Professor C. W. Prettyman, Dickinson College. 35 cts.

Schiller's Der Geisterseher. Part I. With notes and vocabulary by Professor Joynes, South Carolina College. 30 cts.

Selections for Sight Translation. Fifty fifteen-line extracts compiled by Mme. G. F. Mondan, High School, Bridgeport, Conn. 15 cts.

Selections for Advanced Sight Translation. Compiled by Rose Chamberlin, Bryn Mawr College. 15 cts.

Benedix's Die Hochzeitsreise. With notes and vocabulary by Natalie Schiefferdecker, of Abbott Academy. 25 cts.

Aus Herz und Welt. Two stories, with notes by Dr. Wm. Bernhardt. 25 cts.

Novelletten-Bibliothek. Vol. I. Six stories, selected and edited with notes by Dr. Wilhelm Bernhardt. 60 cts.

Novelletten-Bibliothek. Vol. II. Selected and edited as above. 60 cts.

Unter dem Christbaum. Five Christmas stories by Helene Stökl, with notes by Dr. Wilhelm Bernhardt. 60 cts.

Hoffmann's Historische Erzählungen. Four important periods of German history, with notes by Professor Beresford-Webb. 25 cts.

Wildenbruch's Das edle Blut. Edited with notes and vocabulary by Professor F. G. G. Schmidt, University of Oregon. 25 cts.

Wildenbruch's Der Letzte. With notes by Professor F. G. G. Schmidt of the University of Oregon. 25 cts.

Wildenbruch's Harold. With introduction and notes by Prof. Eggert. 35 cts.

Stifter's Das Haidedorf. A little prose idyl, with notes by Professor Heller of Washington University, St. Louis. 20 cts.

Chamisso's Peter Schlemihl. With notes by Professor Primer of the University of Texas. 25 cts.

Eichendorff's Aus dem Leben eines Taugenichts. With notes by Professor Osthaus of Indiana University. 35 cts.

Heine's Die Harzreise. With notes by Professor Van Daell of the Massachusetts Institute of Technology. 25 cts.

Jensen's Die braune Erica. With notes by Professor Joynes of South Carolina College. 25 cts.

Holberg's Niels Klim. Selections edited by E. H. Babbitt of Columbia College. 20 cts.

Lyrics and Ballads. Selected and edited with notes by Professor Hatfield, Northwestern University. 75 cts.

Meyer's Gustav Adolfs Page. With full notes by Professor Heller of Washington University. 25 cts.

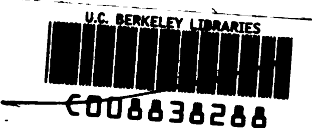
Sudermann's Johannes. Introduction and notes by Prof. F. G. G Schmidt of the University of Oregon. 35 cts.

Sudermann's Der Katzensteg. Abridged and edited by Prof. Wells. 40 cts.

Dahn's Sigwalt und Sigridh. With notes by Professor Schmidt of the University of Oregon. 25 cts.

Keller's Romeo und Julia auf dem Dorfe. With introduction and notes by Professor W. A. Adams of Dartmouth College. 30 cts.

Hauff's Lichtenstein. Abridged. With notes by Professor Vogel, Massachusetts Institute of Technology. 75 cts.


U.C. BERKELEY LIBRARIES
C008838288

